

PUB. NO.: 07-193766 [JP 7193766 A]
PUBLISHED: July 28, 1995 (19950728)
INVENTOR(s): MATSUI RIICHI
APPLICANT(s): TOSHIBA CORP [000307] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)
APPL. NO.: 05-332857 [JP 93332857]
FILED: December 27, 1993 (19931227)
INTL CLASS: [6] H04N-005/57; G06T-011/60; G06T-001/00; G06T-009/00;
G06T-003/40; G06T-005/00; G09G-005/00; H04N-001/409;
H04N-005/232
JAPIO CLASS: 44.6 (COMMUNICATION -- Television); 44.7 (COMMUNICATION --
Facsimile); 44.9 (COMMUNICATION -- Other); 45.9 (INFORMATION
PROCESSING -- Other)
JAPIO KEYWORD: R098 (ELECTRONIC MATERIALS -- Charge Transfer Elements, CCD &
BBD)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain an output picture preferable or desirable for a person by expressing a person's subjective sense (such as sharpness) at the time of observing a picture as a value and controlling a picture processor based upon the value.

CONSTITUTION: The degree of picture quality such as sharpness sensed when a person observes picture signal data outputted from the picture processor 11 including a picture display part is numerized by a visual sense model 12a and a variable for the processor 11 is optimally or adaptively controlled by an evaluating part 13 so that the value becomes an external value or satisfies a decision criterion at the time of comparing it with a set point.
?

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像データを処理して画像表示部を行う画像処理手段と、

この画像処理手段から得られる画像信号データを用いて画像の状態を表現する数値を計算する数量化手段と、
この数量化手段により計算された前記数値の大きさの程度を判断する判断手段と、

この判断手段の判断結果に基づいて前記画像処理手段が画像表示を行うための画像信号データを変更する制御手段とからなることを特徴とする画像情報処理装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記画像処理手段における画像信号データの信号処理部分の状態変数、または、信号処理の種類を変えることを特徴とする請求項 1 記載の画像情報処理装置。

【請求項 3】 前記判断手段は、
画像の状態を表現する数値が、極値となる、飽和値となる、あらかじめ設定された値と比較する、設定値を中心とするある範囲内におさまるの中の少なくとも一つの判断をすることを特徴とする請求項 1 記載の画像情報処理装置。

【請求項 4】 前記数量化手段において、
画像品質の程度が表現できる数値、または、画像の幾何学的性質に対応した数値を計算することを特徴とする請求項 1 記載の画像情報処理装置。

【請求項 5】 前記制御手段は、
人間が画像処理手段から得られる表示画像を観測している時の環境を測定し、この測定値に従って画像状態を表現する数値の計算と前記数値の大きさの程度の判断を行ない、画像処理手段における信号処理部の状態変数または信号処理の種類を変えることを特徴とする請求項 1 記載の画像情報処理装置。

【請求項 6】 画像を画素単位で表示する画像表示手段と、
光学的に入力画像の拡大縮小が可能な結像光学系手段と、
この結像光学系手段からの結像された光学的な入力画像を電気信号に変換する撮像手段と、
この撮像手段からの電気信号の各画素を画像表示手段に配置する時に、前記結像光学系手段の拡大率または縮小率に依存して画素配置を制御する画素制御手段とからなることを特徴とする画像情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、画像情報処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、出力画像の状態を観測して画像情報処理装置へフィードバックをかけ、出力画像の改善を行なう代表的なシステムとしては、AGC（オートマチックゲインコントロール）、ドロップアウト補償装置、

オートフォーカスなどが挙げられる。

【0003】 AGCは、出力画像の平均輝度やコントラストの状況を検出し、所定の数値になるように画像情報処理装置のパラメータを変更することで、見易い出力画像を得ようとするものである。

【0004】 また、VTRで用いられているドロップアウト補償装置は、ドロップアウトの発生状況を検出し、ドロップアウトが生じている走査線に対しては一ライン前の走査線を代わりに出力するようにVTRの信号処理回路を切り替えることで乱れの無い綺麗な出力画像を得ている。

【0005】 しかし、これらのシステムでは、画像信号から検出している数値は、鮮鋭さや粒状性などの画像品質を表現する人間の感覚量ではなく、あくまでも人間の主観とは無関係な物理量であること、及び人間の見え方に重要な意味を持つ視距離や観察環境なども考慮されていないことから、人間にとって好ましい或いは望ましい画質となるような制御が行われているわけではないと言える。

【0006】 例えば、原画像そのものの画質が劣化している場合には、いくらAGCを行っても、正確にドロップアウト補償を行っても画質を改善することはできず、以前として劣化画像が得られるだけである。

【0007】 すなわち、これらの方法は画質をコントロールする前段階に位置する基本的な画像処理であり、前処理に相当する。

【0008】 一方、オートフォーカスシステムは、出力画像のボケの程度を計算して、ボケが最も少なくなるようにレンズの位置を調節する装置である。

【0009】 ボケは、人間が感じる鮮鋭感と密接に関係している量であるが、オートフォーカス機構において計算した数値はそれ自体が鮮鋭さを直接に表現しているのではなく、相対的な比較において鮮鋭さの大小関係を表わすことができるに過ぎず、画質をコントロールしようとするものではない。

【0010】 例えば、もともとボケのある画像を入力する場合、オートフォーカスをかけても結局はボケのある画像しか入力できず、人間にとって好ましいボケの減少した画像を得ることは出来ない。

【0011】 また、従来の多重解像度画像を作成する方法としては、基準となる高解像度画像を撮像装置（CCDなど）で入力しておき、この高解像度画像にローパスフィルタをかけたり、単に間引き処理を行うことでいろいろな解像度の画像に変換するのが普通である。

【0012】 基準の高解像度画像を入力する場合、どの程度の細かさで入力すればよいかは、入力したい画像または物体の空間周波数構造に依存して決められる（サンプリング定理）。

【0013】 しかし、空間周波数構造を調べるには、画像を入力してフーリエ解析してみないと分からないと言

10

20

30

40

50

う悪循環に陥る。

【0014】結局、基準となる高解像度画像を入力するには、試行錯誤的にあるいは経験的に解像度を決定せざるを得ないのが現状である。

【0015】例えば、網点構造が含まれる画像をCCD撮像装置で入力する場合を考えると、間違った解像度で入力すれば入力した画像にはモワレが生じる結果となり、画質の劣化した画像が得られることになる。

【0016】また、一応満足の行く基準の高解像度画像
が得られたとしても、この画像から低解像度画像は容易 10
に作れるが、逆に基準の高解像度画像よりも解像度の高
い画像を作るのは容易ではない。

【0017】一般的に解像度の高い画像を得るにはCCD撮像素子の1画素の大きさを小さくすればよいが、小さくするとS/Nが低下するので撮像素子の解像度には限界がある。

【0018】この限界を越えて撮像するには、イメージシフト法（原田他：“スウィングCCDイメージセンサ”，TV学会誌，Vol. 37, No. 10 (1983)）が知られている。これは、撮像素子の画素をずらして撮像した複数の 20 画像を合成することで解像度の高い画像を得ようとするものであるが、時間解像度を犠牲にして空間解像度を高める方法なので動画像の入力には問題がある。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】上記のように出力画像から検出した画像の状態によって画像情報処理装置のパラメータをコントロールする従来のシステムでは、画像の状態を表現する数値が画像品質の様な人間の主観的な感覚に基づいて検出した数値ではないので、望みの画像品質となるように画像情報処理装置をコントロールすることは非常に困難であった。

【００２０】したがって、第１の発明は、鮮鋭感や粒状性等の画像品質に対する人間の主観的な感覚を数値として表わし、この数値に基づいて画像情報処理装置をコントロールすることにより、人間にとって好ましい或いは望ましい出力画像を得ることの出来る画像情報処理装置を提供することを目的とする。

【0021】また、上記のように、基準となる高解像度画像を入力して、この画像からいろいろな解像度の画像を作る方法では、基準画像の解像度を適切に決めることが困難であり、さらに、基準の高解像度画像よりも解像度の高い画像は作ることは困難であった。

【００２２】したがって、第２の発明は、超高精細画像から超低解像度画像までのいろいろな種類の多重解像度画像を自由に入力することができる画像情報処理装置を提供することを目的とする。

【0 0 2 3】

【課題を解決するための手段】第1の発明の画像情報処理装置は、画像データを処理して画像表示部を行う画像処理手段と、この画像処理手段から得られる画像信号デ 50

ータを用いて画像の状態を表現する数値を計算する数量化手段と、この数量化手段により計算された前記数値の大きさの程度を判断する判断手段と、この判断手段の判断結果に基づいて前記画像処理手段が画像表示を行うための画像信号データを変更する制御手段とからなるものである。

【００２４】第２の発明の画像情報処理装置は、画像を画素単位で表示する画像表示手段と、光学的に入力画像の拡大縮小が可能な結像光学系手段と、この結像光学系手段からの結像された光学的な入力画像を電気信号に変換する撮像手段と、この撮像手段からの電気信号の各画素を画像表示手段に配置する時に、前記結像光学系手段の拡大率または縮小率に依存して画素配置を制御する画素制御手段とからなるものである。

【0025】

【作用】第1の発明の画像情報処理装置について説明する。

【0026】数量化手段は、この画像処理手段から得られる画像信号データを用いて画像の状態を表現する数値を計算する。

【0027】判断手段は、この数量化手段により計算された前記数値の大きさの程度を判断する。

【0028】制御手段は、この判断手段の判断結果に基づいて前記画像処理手段から得られる画像信号データを変更する。

【0029】例えば、画像情報処理手段から出力される画像信号データを用いて、この出力画像を人間が観測したときに感じる感覚量である鮮鋭感や粒状性等に相当する数値を数量化手段である視覚モデル（人間の視覚系と同じ応答結果が得られる様に作られたモデル）を用いて計算する。判断手段は、鮮鋭感や粒状性等に相当する数値の計算結果が極値となる、飽和値となる或いは設定値と比較したり、設定値を中心とするある範囲内におさまるかどうかという様な判断を行う。そして、制御手段は、この判断基準に基づいて画像情報処理手段の信号処理部分のパラメータや信号処理の種類を最適にまたは適応的に変化させる。

【0030】なお、視覚モデルは、人間の視覚系と同じ様な応答特性を持っている。したがって、画像情報処理手段から出力される画像信号データを視覚モデルに観測させれば人間が観測したときに感じる鮮鋭感や粒状性等の画像品質を表現する感覚量を数値として計算できるので、この数値を利用して（すなわち、画質に基づいて）画像情報処理装置の信号処理部のパラメータを最適または適応的に制御することにより、ヒューマンインターフェースの最適設計という観点において好ましいあるいは望ましい出力画像を得ることができる。

【0031】第2の発明の画像情報処理装置について説明する。

【0032】入力すべき画像を結像光学系手段により拡

大または縮小してから撮像手段の撮像面に投影する。

【0033】画素制御手段は、拡大率が大きくなる（または小さくなる）にしたがって、撮像手段からの出力画像の画素間隔を小さくする（または大きくする）ように画素配置制御を行ってから画像表示手段に表示することで、超高精細画像から超低解像度画像までのいろいろな種類の多重解像度画像を自由に得ることができる。

【0034】これにより、撮像手段の画素間隔は一定なので、撮像面に投影される画像を拡大（または縮小）すると拡大（縮小）前の画像より多くの（少ない）画素を使つて同一の画像を撮像することになり、拡大（縮小）後の撮像画像の方が相対的に画像の解像度を高く（低く）して撮像入力することが可能となる。

【0035】また、一定の大きさの画像表示手段に表示する場合に、この拡大率または縮小率に合わせて撮像入力した画像の画素間隔を調節して表示すれば、撮像入力した画像の全体の大きさを変えずに解像度だけを变化させて表示することが可能となる。

【0036】

【実施例】

第1の画像情報処理装置

以下、第1の発明の実施例について、図1から図10に基づいて説明する。

【0037】図1は、この発明を実現する為の基本的なブロック図である。

$$S = \int_{-\infty}^{\infty} \{R(f) - E(f)\} \cdot df / \int_{-\infty}^{\infty} E \cdot (f) df$$

但し、 f は空間周波数、 $R(f)$ は画像伝送系の空間周波数特性、 $E(f)$ は視覚系の空間周波数特性、 s_{∞} は積分領域が全空間であることを意味し、 $n=1$ のときは正規化情報容量、 $n=2$ のときが正規化等価帯域幅と呼ばれている。

【0045】上式で表現される鮮鋭さは、画像伝送系の空間周波数帯域幅が変化したときの鮮鋭さの主観的評価値とはよく一致する。しかし、エッジ強調により画質改善を行った画像やコントラストの変化した画像及び視距離が変化した場合に人間の主観と適合しないとされている。したがって、この評価式を含めて従来から知られている数量化法を利用して数値化する工夫をしてもよいが、よりよい数量化を可能にするには、人間の視覚系を模擬した視覚モデルを利用するほうが望ましい。

【0046】以下では、視覚モデルを用いた場合を中心にして説明する。

【0047】視覚モデルの一例としては次のようなものがある（参考文献：松井利一：“視覚系のモデル化と画像観測状態の推定”、信学論(D), Vol. J71-D, No. 12, pp2669-2676, 1988.）。

【0048】人間が提示された画像を観測する場合、視覚系の画像観測機構が提示画像に依存した量のボケを働

【0038】画像情報処理装置11と、画像情報処理装置11から得られる出力画像データを用いて鮮鋭感や粒状性等の画像品質の程度を表わす数値あるいは画像の幾何学的性質に対応した数値を計算する数量化部12と、この数量化部12で計算された数値の大きさの程度を判定（極値をとる、ある値と等しくする、ある範囲内におさめる等）する評価部13からなる。そして、評価部13の判定結果に応じて画像情報処理装置11の変数を適応的に変更する構成になっている。

【0039】（1）画像処理装置11について説明する。

【0040】画像処理装置11としては、TV、VTR、プリンター、画像符号化再生装置、画像検索装置、画像復元装置、文書画像も含めた画像表示装置などの画像信号処理装置である。

【0041】（2）数量化部12について説明する。

【0042】数量化部12としては、画像品質に強く影響を及ぼすとされている鮮鋭さ、粒状性、階調性、色再現等に代表される画質要因、あるいは、これらを総合した評価値を数量化すればよい。例えば、鮮鋭さを例として数量化する方法について詳しく説明する。

【0043】従来、鮮鋭さを定量的に表現する代表的な方法としては、下記の評価式がよく知られている。

【0044】

【数1】

かせ、このボケ量に対応した大きさの画像の領域、すなわち視野を限定した状態で観測しているという基本現象がある。視覚モデルは、この基本現象を定式化したシステムモデルであり、ノルムとして定義した評価関数を極大化することにより提示画像を観測するのに最も適した視覚系の観測状態（ボケ量と視野の大きさ）を推定し、この時の評価関数値と観測状態とから視覚応答が予測できる。

【0049】この視覚モデルによると、鮮鋭さを定量的に評価することができる数値として、評価関数値、あるいは、評価関数値の空間的な変化パターンの曲率の大小関係が挙げられる。

【0050】なお、評価関数値と、最適観測状態の空間的な変化パターンの極大値と極小値が、それぞれ画像のエッジと領域の中心部に対応していてもよい。

【0051】以下では、繁雑性を避ける為に評価関数値を使って説明するが、曲率を用いても同様である。

【0052】図2は、数量化部12として視覚モデル12aを用いた場合の基本構成である。

【0053】画像情報処理装置11から得られる画像信号を、数量化部12に対応する視覚モデル12aに観測させ、各画素における最適な観測状態とそのときの評価関数値を計算する。この場合、評価関数値と最適観測状

【0065】視覚モデル18と表示画像との距離（視距離）は、観察者に合わせても、標準の視距離にしてもよい。また、実際の視距離から視覚モデルに表示画像を観測させなくとも、観測者までの距離（視距離）などの環

【0072】この他にも、表示装置16の性能（解像度など）に合わせてボケ判定の設定値T₁を変えれば、表示装置16の性能に合わせた復元が可能になるので、必要以上に鮮鋭さを高めるようなムダな操作を省くことが

できる。

【0073】より基本的な使い方として、視覚モデル18から得られる評価関数値 I が、極大値（あるいは閾値との比較など）となるようにレンズ位置を調節すれば、鮮鋭さという評価基準を用いてオートフォーカス機能を実現でき、合焦画像が容易に入力できる。しかも従来用いられているオートフォーカス機能とは異なり最終的に得られた画像（焦点調節が完了した画像）のボケの程度すなわち鮮鋭さも数値的に得られるので、もともとボケた画像をオートフォーカス機能を利用して入力した画像10であっても、どのくらいボケているのかが検出可能である。したがって、画像入力とボケの復元処理とが組み合わさったシステムを想定した場合には、鮮鋭さという人間の感覚量を用いてオートフォーカスを行った後に再び同じ手順でボケの復元が自動的に行える。

【0074】上の実施例では、表示装置16としてTV、VTRなどディスプレイを使うシステムを想定した形になっているが、プリンターを使うシステムの場合にも容易に適用可能である。

【0075】この場合は、プリンターに出力した画像を20視覚モデル18に観測させることで、ボケの有無を判定して再度鮮鋭さを高めた画像を出力してもよい。また、実際に出力して判断しなくてもプリンターに出力すべきデータを直接使ってボケの有無を判定し鮮鋭さを高めた画像として出力してもよい。

【0076】別の応用として、複写機の自動焦点調節が考えられる。

【0077】複写する場合、原稿が平らであればそのまま何もせずにコピーできるが、本などの様に原稿が一部浮き上がっている場合には浮き上がっている部分がボケてしまう。このような場合には、1ラインずつ原稿を読み取って行くときに視覚モデルの評価関数値を応用したオートフォーカス機構を働かせてレンズの位置を適応的に調節する、もしくは原稿読み取りに先立って最適なレンズ位置を計算しておき、原稿読み取り時にレンズ位置を適応的に調節すれば、浮き上がった原稿でも綺麗な複写画像を得ることができる。

【0078】以上の説明では、鮮鋭さという画像のボケの程度を表す画質要因を用いた方法を述べたが、その他にもノイズ、歪み、階調性、色再現などの画質要因を利用して復元操作を行うシステムも上の実施例と同様に20して実現可能である。以下の実施例においても、特に書いていなくてもこの説明はそのまま成立する。

【0079】（実施例2）図4は、本発明を画像符号化装置に応用したときのブロック図である。

【0080】これは、画像符号化部24、復号化した画像から鮮鋭さなどの画質の程度を数量化する数量化部26、評価部28、復号化部30及び表示装置32からなる。

【0081】従来の画像符号化装置には、圧縮率を一定50

（1画素当たり必要なビット数）にして伝送する方法と、SN比が一定になるようにビット配分して伝送する方法がある。

【0082】前者は、画像の種類に依存して画像品質が変わる符号化法であり、本実施例では画質の程度を最大にする様に最適な符号化法に設定することになる。

【0083】後者は、基本的には画像を一定にして符号化する考え方に基づいてはいるものの、SN比は原画像との比較により計算した相対的な画質を表現しているため、数値の大きさを合わせたとしても画質が一定になるとは限らないという欠点がある。実際、SN比と人間が感じる画質とは一致しないことが指摘されている。実施例2では特に、視覚モデルを適用して計算した数値化された画質（鮮鋭感やノイズ量など）を一定にして符号化する方式の実現法について説明するものであり、ここで得られた画質の数値はその大きさ自体が画質の程度を表わす絶対量になっている。

【0084】画像符号化法としては、代表的なコサイン変換、予測符号化、ベクトル符号化などを用いればよく、さらにプログレッシブ符号化（最初は荒く符号化し、何回かに分けて徐々に細かいところまで符号化して行く方式）でもよい。

【0085】以下では、プログレッシブ符号化を例にして説明する。

【0086】（1）数量化部26において、表示装置32からの入力画像を用いて第一回目の荒い符号化を行った後、直ぐに復号化し、この復号化した画像信号データから実施例1と同様にして視覚モデルの出力である最適観測状態と評価関数値を計算し、復号化画像の鮮鋭さの程度を I_1 として数量化する。

【0087】（2）評価部28において、 I_1 と設定値 T_1 とを比較し、 $I_1 < T_1$ が成立したときは次の段階の少し細かい部分の符号化を行なう。

【0088】（3） $I_1 \geq T_1$ が成立するまでこの操作を続け、これまでに符号化したすべてのデータを伝送すれば、画像の性質が変化しても画質の程度を一定（この例の場合の画質は鮮鋭感）に保った画像符号化が実現できる。

【0089】本方式を用いると、復号化された画像が人間にとって十分鮮鋭であるかどうか分かるので、次の段階の符号化を行なう場合にはこの部分を除いて符号化すれば、より効率的な符号化装置が実現できる。

【0090】以上の説明では、鮮鋭さを一定にする符号化法を述べたが、ノイズやブロック歪みが人間に検出できなくなるようにした符号化法や鮮鋭さと両方を考慮した符号化なども同様に視覚モデルを用いることで容易に実現できる。

【0091】また、復号システムの表示性能をあらかじめ符号化側へ送っておけば、復号システムの表示性能に合わせた閾値 T_1 を設定することにより、必要以上の情

報を送る無駄を省くことができる。

【0092】(実施例3)図5は、本発明を画像検索装置に応用した例を示したブロック図である。

【0093】画像信号を符号化して蓄積した画像蓄積部34、復号化部36、表示装置38、鮮鋭さなど画質の程度を数量化する数量化部40と評価部42とで構成される。

【0094】以下では、画像蓄積部34の画像符号化法が、プログレッシブ方式であるものとして説明する。

【0095】(1) 復号化部36において、第一段階の復号化を行ない、表示装置38において大まかな画像を表示する。

【0096】(2) 数量化部40において、この表示画像の鮮鋭感をIとして数量化する。鮮鋭感の数量化は実施例1と同じ手順を用いればよい。

(3) 評価部42において、設定値T、(この設定値は画像検索装置を使う人間の好み、希望により自由に設定可能)と比較し、 $I < T$ 。のときは鮮鋭さが足りない、 $I \geq T$ 。となるまで復号化を続けて行く。

【0097】このようにすることで、人間の好みあるいは希望に合わせた鮮鋭感の画像を復号化することができる。

【0098】画像の高速検索を行なう場合、画像を完全に復号して表示しなくても画像の大まかな内容が分かればよいので鮮鋭感が多少低下していても構わない。

【0099】また、復号化画像の鮮鋭感が劣化していても、復号化画像を縮小して多くの画像を同時表示するようにすれば鮮鋭感の劣化はほとんど気にならなくなるので、鮮鋭感を落とした形で画像を復号化する方式は高速検索にとってはかえって効率が上がり都合がよい。

【0100】本実施例は、画像蓄積部34から復号化されたいろいろな種類の画像の鮮鋭感がすべて同じになるようにして復号化、表示することにより、画像検索装置の検索効率を高めようとしたものである。

【0101】(実施例4)図6は、本発明の応用であり、文書画像における文字の大きさ(拡大縮小による大きさの変化も含む)、文字の種類、観察者までの視距離や観察者の視力に合わせて文字と文字間隔、行と行間隔の関係が人間にとって最適(人間にとって最も見易い関係)となるように文字間隔と行間隔を自動的に調整するシステムのブロック図である。

【0102】基本構成は、表示装置44、表示画像を観測する視覚モデル58、文字中心位置の検出部46、文字間隔中心位置の検出部48、評価部50、評価部52、文字間隔調整部54、行間隔調整部56とからなる。

【0103】以下、順を追って説明する。

【0104】(1) 表示装置44に文書画像が出力されたとき、視覚モデル58が、この表示画像を観測し、

画像各部における最適観測状態とそのときの評価関数値を計算する。

【0105】この計算では、実際に人間が観察する位置から視覚モデル58に観測させてもよいし、測定した視距離あるいは標準の視距離を考慮して表示画面のデータから直接計算してもよい。

【0106】(2) 計算した評価関数値から文字中心位置と文字間隔中心位置の検出を以下のようにして行なう。

【0107】図7に示す文書画像(1マスに1文字が入っていると仮定する)に対して計算した評価関数値の2次元パターンのうち、領域の中心部(例えば+の位置)では評価関数値が極小になる。したがって、極小値の位置を探し、その位置を中心として適当な範囲内において、線または濃淡の変化があるかどうかを調べればその位置が文字の中心であるかどうか分かる。

【0108】そして、隣の文字との距離を考慮すれば行の方向が検出でき(最短距離の方向が行の方向)、したがって文字間隔の中心部も検出できる。

【0109】(3) 評価部50において、文字中心部の評価関数値が極大になっているかどうかを調べ、極大でない場合は行間隔調整部56が行間隔を変えて表示するので、極大になるまで繰り返せば人間にとって最も見易い行と行間隔の関係が得られる。

【0110】(4) 評価部52において、文字間隔中心部の評価関数値が極大になるように文字間隔調整部54が文字間隔を変えれば最も見易い文字と文字間隔の関係が得られる。

【0111】以上の説明では評価関数値が極大になるまで繰り返し視覚モデル58が、観測を行ない評価関数値を計算し直す構成になっているが、視距離と文字の大きさ及び文字の種類(日本語や英語などの違いにより結果が異なる)を測定しておけば文字と文字間隔の関係も行と行間隔の関係もほぼ一意的に決定できるので、この関係をテーブルに記憶させておけば、評価関数値を計算し直す事なく簡単に文字間隔と行間隔の調整ができる。

【0112】また、上の説明では表示装置44としてディスプレイが想定されているが、実施例1での説明と同様にこの場合にもプリンターを用いたシステムにも容易に適用可能である。

【0113】さらに、単なる文書画像だけに限らず、表のような文字を含む画像であれば以上の説明と同様に人間にとって見易い構成の画像に改善することができる。

【0114】(実施例5)図8は、本発明をエッジ強調によりTV、VTRやプリンターなどからの出力画像の画質を自動的に改善するシステムに応用した場合のブロック図である。

【0115】これは、表示装置60、画質の数量化部62、評価部64、エッジ強調処理部66及びエッジ強調の限界判定部68からなる。

【0116】以下、順を追って説明する。

【0117】(1) 表示装置60に表示された画像は、伝送系や画像符号化あるいは画像入力するときの焦点位置のズレ等によりボケを含んだ画像になっているとする。

【0118】(2) 数量化部62において、鮮鋭感をIとして数量化する。鮮鋭感の数量化は実施例1と同じ手順で計算できる。

【0119】(3) 評価部64において、設定値 T_e （この設定値は人間の好みや希望に合わせたエッジ強調ができるように自由に設定可能にしておく）と比較し、 $I < T_e$ の場合は鮮鋭さが足りないと判断して、エッジ強調処理部66においてエッジ強調処理を行ない、 $I \geq T_e$ となるまで繰り返される。

【0120】代表的なエッジ強調処理としては、表示画像の2次微分に係数を掛けてから表示画像に加えるラプラシアンフィルタ方式があり、係数を変えることでエッジ強調の程度が調節できる。

【0121】このようにすることで、人間の好みや希望に合わせた鮮鋭感の画像に改善されることになる。

【0122】(4) エッジ強調は掛け過ぎるとかえって画質が低下する（エッジ強調の限界点の存在）ので、この限界を考慮して人間にとって好ましい鮮鋭感の画像にするためには、さらにエッジ強調の限界を判断する部分を付け加えて、限界を越えたと判断できる場合には $I < T_e$ であったとしてもエッジ強調処理を行なわない機能を付けた方がよい。

【0123】エッジ強調限界判断部68の機能としては、例えば視覚モデル70から得られた最適観測状態と評価関数値のうち、表示画像の領域中心部に位置する部分の最適観測状態 f_{e0} のヒストグラムを作成し、このヒストグラムが極大値になる位置とその時の最適観測状態 f_{e0} を求める。

【0124】領域中心部は、視覚モデル70の特徴から評価関数値または最適観測状態の極小値と対応しているため、この極小値を探索すれば簡単に求められる。

【0125】(5) 図9に示したように、最適観測状態が f_{e0} となる領域中心部と最も近いエッジ部までの距離Lを計算し、 $2L$ をパルス幅とする対称矩形波を視覚モデル70が観測したときに得られるパルス中心部（領域中心部）の最適観測状態 f_{e0} を計算する。

【0126】 f_{e0} は、ボケを含み鮮鋭感の低下した表示画像の中で最も頻繁に現われる領域に対して得られる数値であり、 f_{e0} は f_{e0} に対応する領域とほぼ同じ大きさの領域でしかもボケを含まない理想的な領域に対して得られる数値である。

【0127】したがって、 f_{e0} はエッジ強調による鮮鋭感の回復に伴って f_{e0} の値が、 f_{e0} に近付いて行くときの目標値であり、 f_{e0} がこの目標値を越えるとエッジ強調が掛け過ぎであると判断することで人間の判断と一致

したエッジ強調の限界が判定できる。

【0128】(6) 評価部72における具体的な判断基準としては、表示画像がボケを含まない鮮鋭な画像であった時にも矩形波の様なエッジではなく多少鈍ったエッジである可能性も考慮して、 f_{e0} の値が $(f_{e0} - \Delta f)$ 以上になればエッジ強調の限界に達したと判断し、エッジ強調処理を行なわないようにすればよい。 Δf の値は、画像の種類等に依存して適応的に変化させても構わない。

【0129】上では、最適観測状態の目標値 f_{e0} をいちいち計算したが、 $2L$ をパルス幅とする対称矩形波に対する最適観測状態の値は前もって計算しておけるので、表やROMテーブルなどを利用して $2L$ の値から容易に求められる。

【0130】（実施例6）図10は、本発明の応用であり、CRTなどの表示装置のフリッカー周波数を最適に調節することにより人間にフリッカーを知覚させない様にしたシステムのブロック図である。

【0131】基本構成は、画像の表示装置74、表示装置74の画像を観測する時空間視覚モデル76、時空間視覚モデル76からの出力値を比較する比較部78及び比較結果に応じて表示装置74のフリッカー周波数を調整するフリッカー制御部80からなる。

【0132】この応用例では、フリッカーという時間的に変化する画像信号を扱うので、時空間視覚モデル76が必要になる。

【0133】時空間視覚モデル76は、既に定式化されており、形を知覚する役目をするXチャンネルと動きを知覚する役目をするYチャンネルからなり、それぞれのチャンネルから最適観測状態と評価関数値の極大値が出力される（参考文献：松井、平原：“フリッカー画像に対する時空間視覚モデルの定式化”、電子情報通信学会技術研究報告IE91-103. pp25-32, 1992.）。

【0134】以下、順に説明する。

【0135】(1) 表示装置74に表示された画像を時空間視覚モデル76が観測し、Yチャンネルの最適観測状態とその時の評価関数値を計算する。

【0136】この計算でも、実際に人間が観察する位置から時空間視覚モデルに観測させてもよいし、測定した視距離あるいは標準の視距離を考慮して表示画面のデータから直接計算してもよい。

【0137】(2) 比較部78において、計算したYチャンネルの評価関数値を閾値 T_e と比較する。Yチャンネルは時間的変動を検出するので、Yチャンネルの評価関数値 I_y が、閾値 T_e よりも大きい（ $I_y > T_e$ ）ことはフリッカーが目立つことを意味する。

【0138】したがって、フリッカーを目立たなくするには、 $I_y < T_e$ を満たすことが必要である。なお、閾値 T_e は視覚モデルから設定できる。

【0139】(3) フリッカー制御部80において、

これらの比較結果を考慮して条件が満たされている場合には、表示装置 7 4 のフリッカー周波数を下げる様に調整するが、条件が満たされていない場合には、フリッカー周波数を増加する様に制御する。

【0140】(4) フリッカー知覚に影響する要因としては、表示画像の内容(画像の性質)、表示画面の大きさ、視距離、表示画像のコントラスト、表示画面と周囲の明るさの関係などが強く関係するので、時空間視覚モデル 7 6 が評価関数値を計算する時に、これらのパラメータを考慮して計算することが重要であり、正確なフリッカー制御を達成するためには環境条件を測定することが必要となる。

【0141】また、フリッカー周波数を $1/2^N$ 倍、 2^N 倍(Nは整数)する場合には、簡単に間引きしたり、補間して表示のフレーム数を増やすことでフリッカー制御部 8 0 が容易に構成できるが、一般的には画像表示のフレーム間隔が自由に変更できるように時間サンプリングをやり直さなければならない場合が発生する。この場合には、新しい時間サンプリング位置での画像を補間により新しく作ることができる様にフリッカー制御部 8 0

【0142】第2の画像情報処理装置

$$1/a + 1/b = 1/f$$

が成立し、aとbの値を式(1)を満たすように変えると撮像面の像は拡大・縮小されることになる。

【0148】ここで、拡大率は b/a で表わされる。

【0149】(2) 撮像装置 1 1 2 及び画素制御装置 1 1 3

撮像装置 1 1 2 は、例えば CCD 光電変換素子などである。

【0150】今、結像光学系 1 1 1 のパラメータ(a、b、f)を適当な値に設定し、これを基準値(a_0 、 b_0 、 f_0)と考えると、この時の基準拡大率は $k_0 = b_0/a_0$ になり、基準状態において撮像装置 1 1 2 から出力される画像を表示装置 1 1 4 に表示する場合の画素間隔 Δx は基準の画素間隔となる。

【0151】結像光学系 1 1 1 の a と b を調節することで拡大率を k_1 に上げると、撮像面には基準の拡大率 k_0 の場合よりも拡大された像が投影されるので、拡大率 k_1 の画像の方が撮像面上の投影画像の面積は当然広くなる。その結果、画素間隔一定の撮像装置 1 1 2 で撮像入力する場合、入力された画像の画素数は拡大率 k_1 の画像の方が基準の拡大率 k_0 の場合よりも当然多くなる。

【0152】もしも、拡大率 k_1 の画像を撮像した出力画像を基準の画素間隔 Δx で表示装置 1 1 4 に表示したとすると、表示画像は基準画像を単に k_1/k_0 倍だけ拡大した画像になるに過ぎず、表示画像の解像度は高くない。

【0153】そこで、拡大率 k_1 の基準画像より拡大し

以下、第2の発明の画像情報処理装置について図 1 1 から図 1 4 に基づいて説明する。

【0143】(実施例 1) 図 1 1 は、この発明を多重解像度画像入力装置に應用する為の基本的なブロック図である。

【0144】これは、拡大縮小が可能な結像光学系 1 1 1、結像光学系 1 1 1 によって投影された像を撮像する撮像装置 1 1 2、撮像装置 1 1 2 からの出力画像の画素間隔を調整する画素制御装置 1 1 3、画素制御装置 1 1 3 からの画像を表示する表示装置 1 1 4 からなる。

【0145】そして、結像光学系 1 1 1 の拡大率(または縮小率)に依存して撮像装置 1 1 2 からの出力画像の画素間隔を適応的に変更し、画像全体の大きさを変えずに表示解像度を変えて表示する構成になっている。

【0146】(1) 結像光学系 1 1 1

結像光学系 1 1 1 は、拡大縮小が可能で撮像面に実像を結像できる光学系であれば何でもよいが、例えば凸レンズを用いた光学系が非常に簡単である。

【0147】この場合には、凸レンズの焦点距離を f 、凸レンズから入力する画像までの距離を a 、撮像面までの距離を b とすると、次の結像方程式

(1)

た画像を入力する場合には、拡大率に依存して表示する時の画素間隔を Δx よりも小さくして表示し、画像全体の大きさが拡大率 k_1 の基準画像と一致するようにすれば、表示画像の単位長さ当たりの画素数が基準画像の場合よりも増加する為に解像度の高い表示画像が得られることになる。

【0154】図 1 2 と図 1 3 は、画素配置制御の方法を詳しく説明した図である。この図を使ってさらに詳しく説明する。

【0155】図 1 2 は、基準拡大率 k_0 の場合の撮像装置 1 1 2 の出力画像(左)と、表示装置 1 1 4 の表示画像(右)の関係を表している。

【0156】今、撮像装置 1 1 2 から 4×4 画素構造の出力画像が得られたとし、この出力画像を 16×16 画素構造の表示装置 1 1 4 に表示することを考える。

【0157】基準となる表示画素間隔 Δx を 4 画素と設定すると、 4×4 画素からなる 1 ブロックが撮像出力画像の 1 画素に対応するように表示すれば、撮像出力画像が表示できることになる。

【0158】すなわち、撮像出力画像の 1 画素の輝度値と 1 ブロックの中に含まれている全ての画素の輝度値が等しくなるようにする。

【0159】カラーの場合は、撮像出力画像の 1 画素が、赤(R)、緑(G)、青(B)の 3 画素から構成されていると考えて、撮像出力画像の 1 画素の RGB の値と 1 ブロックの中に含まれている全ての画素の RGB の値が等しくなるようにすればよい。

【0160】図13は、拡大率を基準状態の2倍に($k_1 = 2k_0$)にした場合の撮像出力画像(左)と表示画像(右)の関係を示してある。

【0161】この場合、拡大率が $k_1 = 2k_0$ なので、撮像出力画像は基準状態(図2)よりも4倍の面積に広がった画像になっている(長さでは2倍)。撮像装置112の画素間隔は一定としているので、結局同じ画像を入力しても、拡大率が k_1 の方は2倍の解像度で入力したと等価であることを意味する。

【0162】したがって、この画像を基準画素間隔 Δx (4画素)で表示すれば、 32×32 画素の表示画像が得られ、表示画像が拡大されただけで、解像度は高くない。

【0163】そこで、この場合には、表示画像の画素間隔を基準状態の半分($\Delta x/2 = 2$ 画素)にして表示することにすれば、撮像出力画像の1画素が表示装置114の 2×2 画素構造の1ブロックに対応することになるので、表示画像全体の大きさを基準状態と同じ 16×16 画素に保ったまま表示画像の解像度を2倍にして表示することが可能になる。

【0164】同様に、拡大率が $k_1 = 4k_0$ の場合は、表示画素間隔を $\Delta x/4 (= 1$ 画素)にして表示すれば解像度を4倍にすることができる。

【0165】以上の例のように、縦方向と横方向ともに同じ処理を行えば、縦横両方の解像度が2倍になり、片方だけ行えば片方だけ解像度が2倍の表示ができる。

【0166】逆に、拡大率を $1/2$ 倍($k_1/2$:縮小に相当)にした場合は、表示画素間隔を2倍($2\Delta x = 8$ 画素)にして表示すれば表示画像の大きさは一定のまま表示解像度は半分になる。

【0167】ここで注意すべきことは、縮小した画像の場合は空間周波数が高域まで伸びているので、画素間隔が一定の撮像装置112で撮像するとき、そのまま撮像したのではモアレなどが生じることが考えられる。このような場合には、光学系の理論的な結像面と実際の撮像面を一致させずに僅かにずらした状態に設定し、撮像面に投影された画像に少しボケが生じるようにしてやれば問題はなくなる。すなわち、ローパスフィルタを掛けてから撮像入力してやればよい。このような画素配置の調整を行うのが画素制御装置113である。

【0168】(3)表示装置114

通常の表示装置114は、画素構造をしているので、拡大率が整数倍の場合は簡単に表示できるが、拡大率が1.3倍のように整数でない場合には、適切に補間して表示することが必要になる。また、拡大投影に伴って鮮鋭感が低下する場合には、高域強調処理を行ってから画素制御すればよい。

【0169】以上の手順により、結像光学系の拡大率の変化を超高解像度から超低解像度までの解像度の変化に変換した多重解像度画像の入力が実現できる。

【0170】また、この実施例は、そのまま階層的符号化装置にも応用できる。階層的符号化は原画像に対してフィルタリングとサブサンプリングとを順次施して空間解像度の異なる複数枚の画面からなるピラミッド形データ構造を作成し、解像度の粗い画面から順次伝送する符号化法である。この実施例を利用する場合は、原画像から解像度の低い画像を作る必要はなく、低解像度画像を直接入力できるので処理手順が簡単になる。

【0171】(実施例2)図14は、本発明を視覚モデルに導入した場合の基本的なブロック図である。

【0172】人間の視覚系を模擬した視覚モデルは既に提案されている(参考文献:松井利一:“視覚系のモデル化と画像観測状態の推定”、信学論(D), Vol. J71-D, No. 12, pp2669-2676, 1988.)。

【0173】この視覚モデルの特徴は、人間が提示された画像を観測する場合、視覚系の画像観測機構は提示画像に依存した量のボケを働かせ、さらにこのボケ量に対応した大きさの画像の領域、すなわち視野を限定した状態で観測しているという基本現象を定式化したシステムモデルになっているということである。ノルムとして定義した評価関数を極大化することにより提示画像を観測するのに最も適した視覚系の観測状態(ボケ量と視野の大きさ)を推定し、この時の評価関数値と観測状態とから実際の視覚応答が理論的に予測できる。

【0174】このように、視覚モデルではボケ操作によりいろいろな解像度の画像を作り出し、これらの画像の中から観測するのに最も相応しい解像度の画像を最適に選択する機構を実現する必要がある。

【0175】この操作を計算で行うには、高解像度の画像を入力しておき、ボケフィルタによりいろいろな解像度の画像に変換する手順が考えられる。

【0176】しかし、場合によっては、最初に入力した高解像度画像よりも高い解像度の画像が必要となることがあり、この場合には再度前よりも高解像度で入力し直さなければならなくなり手間が掛かる。

【0177】そこで、いろいろな解像度の画像を入力する部分に本発明を利用すれば、低解像度画像から高解像度画像まで自由に入力することが可能になり、処理速度も速くなり都合がよい。

【0178】図14の結像光学系111、撮像装置112、画素制御装置113は、実施例1と同じであり、画素制御装置113からの出力画像データに視野関数141をかけて、網膜特性に当たる帯域通過フィルタ142を通過させた後の交流信号成分と直流信号成分とから評価関数値143を計算し、この評価関数値143が極大になるように焦点調節部144が結像光学系111の拡大率を調節する。

【0179】このフィードバックループを繰り返すことにより、提示画像を観測するのに最も適した拡大率が決定できる。

【0180】ここで重要なことは、拡大率に合わせて光学系の結像面と実際の撮像面をずらし、拡大率に依存したボケを与えることである。拡大率が小さい、あるいは縮小率が大きい程結像面と撮像面のずれを大きくすることが必要であり、その程度は視野の大きさとボケの程度が満たす関係式（視覚モデルで既に決定されている関係式）を満足するように調整しなければならない。

【0181】また、以上の説明では画素制御装置 113 からの出力画像データを用いて計算したが、実際の計算では画像のボケ方に依存してサンプリング間隔を変えて計算してよいので、画素制御装置からの出力ではなく、その前の撮像装置 112 からの出力画像データを使って計算してもよい。

【0182】本発明では、撮像装置 112 からの出力画像の画素間隔は一定であるが、拡大率が小さい場合はボケの程度が大きくなり撮像装置 112 の出力画像の画素間隔は相対的に広がることを意味し、拡大率が大きいことはボケの程度が小さく撮像出力画像の画素間隔が相対的に狭くなることを意味する。

【0183】すなわち、撮像装置 112 からの出力画像データは、ボケが大きい場合は画素間隔が広く、ボケが小さい場合は画素間隔は狭くなっていることを考慮して計算すれば、画素制御装置でわざわざ画素間隔を調整して表示した画像を用いなくても、撮像装置 112 からの出力をそのまま利用すれば視覚モデルの計算が実現できる。

【0184】以上の説明では、表示装置 114 として CRT を想定して説明したが、CRT 以外にもプリンターなど画像を表示して人間に見せる為の表示装置 114 であれば何でもよいことはいうまでもない。

【0185】

【発明の効果】第 1 の発明によれば、人間の主観的判断（例えば、鮮鋭感などの画質）の数量化による数値を利用した判断基準を用いて、画像処理装置を最適にあるいは適応的に制御することにより、表示画像の画質（例えば、ボケの程度、符号化画像・復号化画像の鮮鋭感、復元画像の鮮鋭感、エッジ強調の程度、見易い文書構造、最適なフリッカー周波数など）を人間にとって好ましい、または望ましい状態に実現できる。

【0186】第 2 の発明によれば、結像光学系手段の拡大率を変化させることで表示画像の解像度を超低解像度から超高解像度まで自由に変化させることができ、多重

解像度画像を簡単に入力することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の発明を実現する処理手順を説明したブロック図である。

【図 2】視覚モデルを用いて本発明を実現するためのブロック図である。

【図 3】第 1 の発明を画像復元システムに応用したときのブロック図である。

【図 4】第 1 の発明を画像符号化装置に応用したときのブロック図である。

【図 5】第 1 の発明を画像検索装置に応用したときのブロック図である。

【図 6】第 1 の発明を文書画像構造最適化システムに応用したときのブロック図である。

【図 7】文書画像において評価関数値が極小となる位置を示した図である。

【図 8】第 1 の発明をエッジ強調システムに応用したときのブロック図である。

【図 9】最適観測状態の目標値 f_0 を求めるときに利用する対称矩形波の作り方を示した図である。

【図 10】第 1 の発明をフリッカー周波数最適化システムに応用した場合のブロック図である。

【図 11】第 2 の発明を実現する処理手順を説明したブロック図

【図 12】基準拡大率 k_0 の場合の撮像出力画像と表示画像との関係を説明した図

【図 13】拡大率 k_1 の場合の撮像出力画像と表示画像との関係を説明した図

【図 14】視覚モデルを用いて本発明を実現するためのブロック図

【符号の説明】

11…画像情報処理装置

12…数量化部

13…評価部

111…結像光学系

112…撮像装置

113…画素制御装置

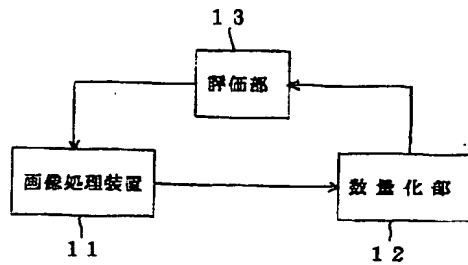
141…視野関数発生部

142…網膜特性フィルタ（帯域通過フィルタ）

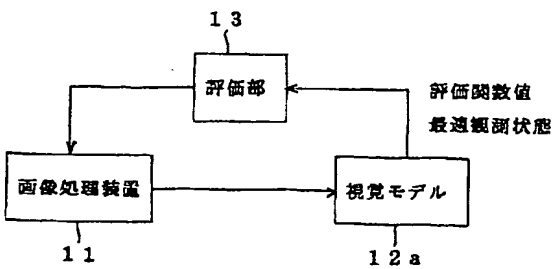
143…評価関数計算部

144…焦点調節機構部

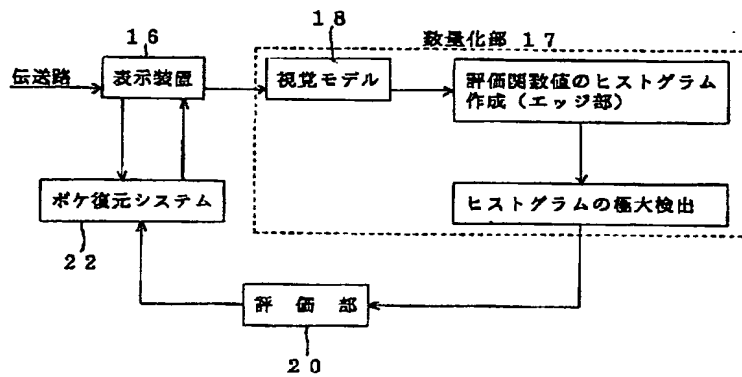
【図 1】



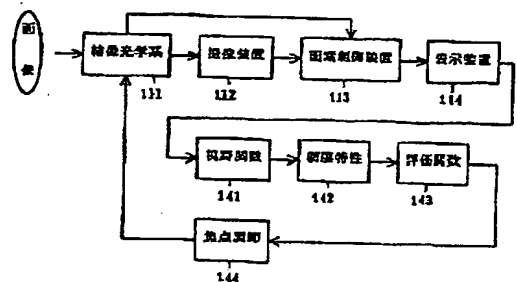
【図 2】



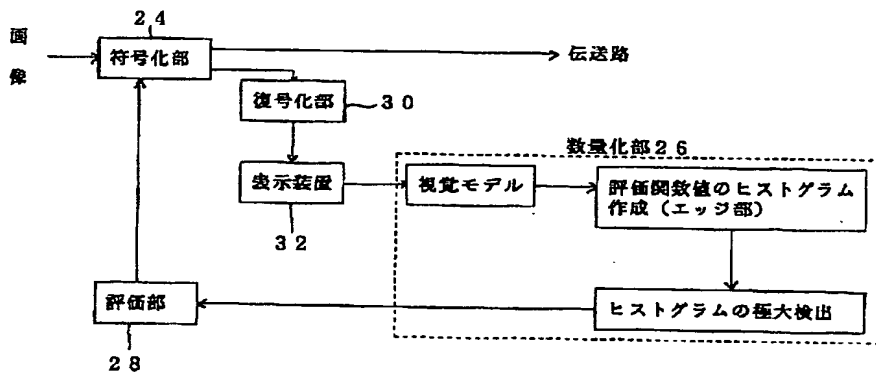
【図 3】



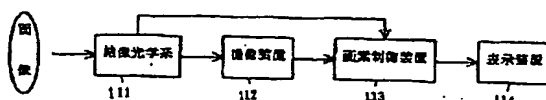
【図 1 4】



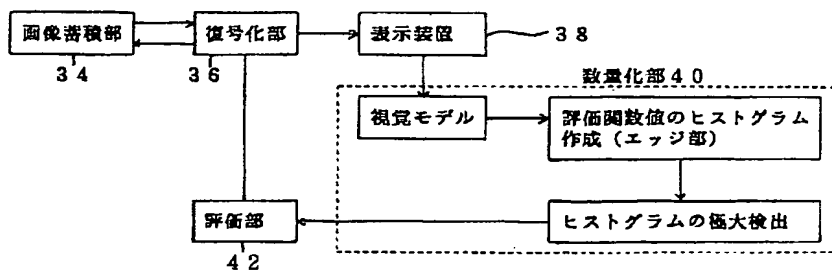
【図 4】



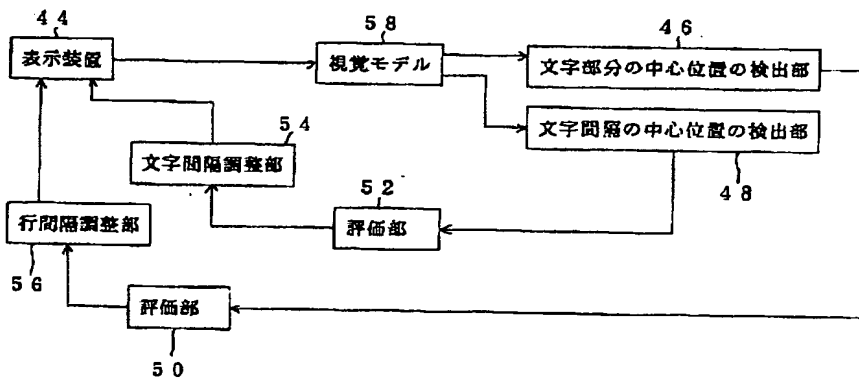
【図 1 1】



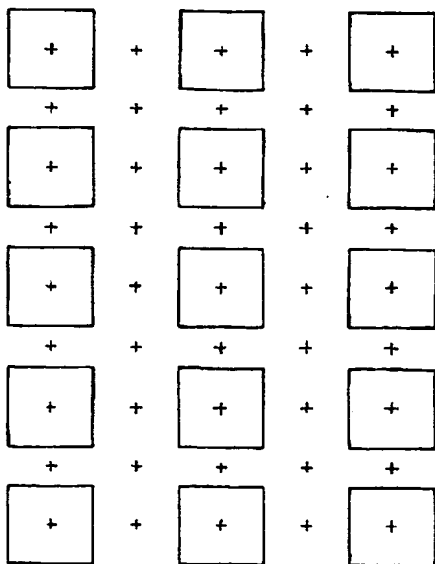
【図 5】



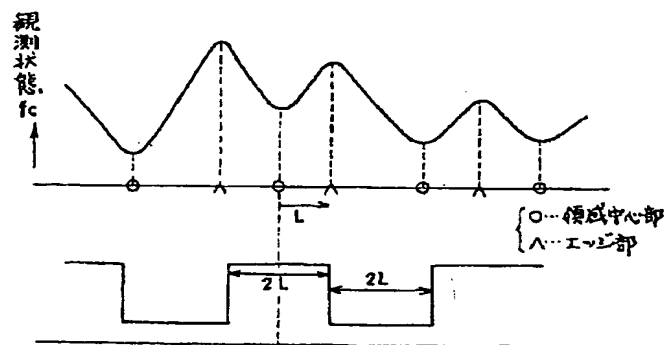
【図 6】



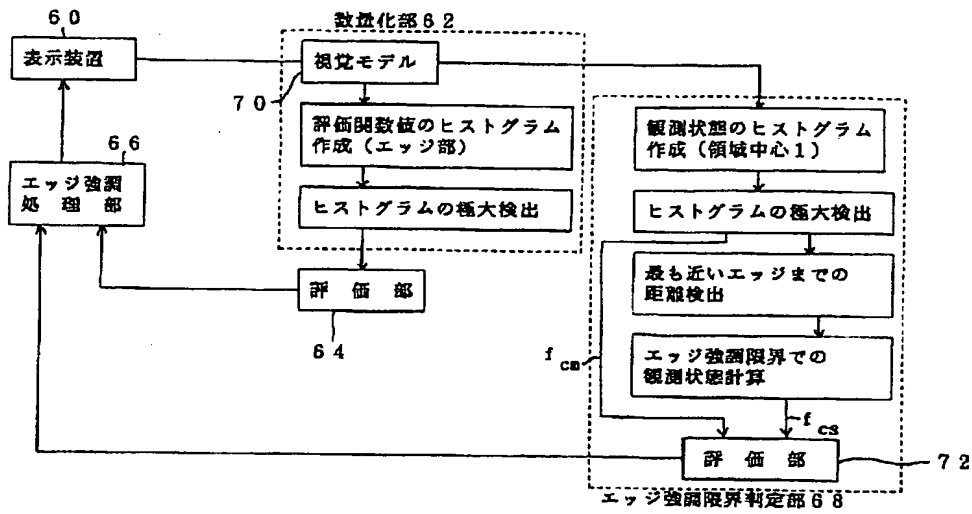
【図 7】



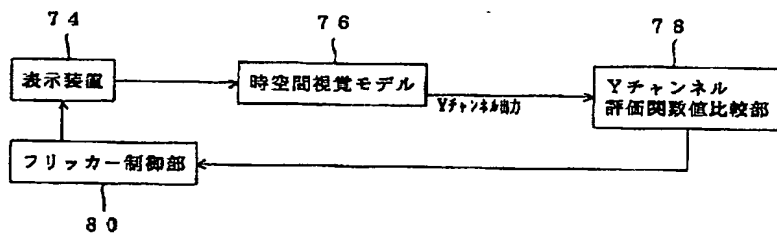
【図 9】



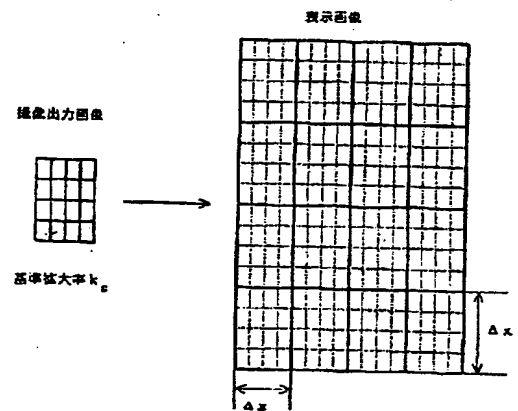
【図 8】



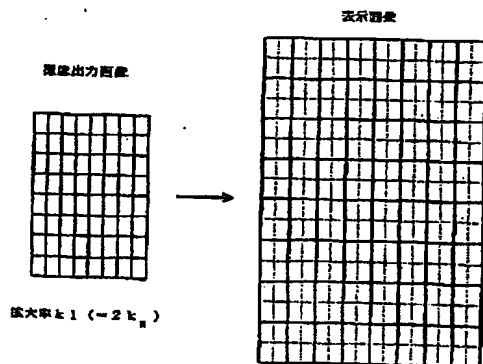
【図 10】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 9/00				
3/40				
5/00				
G 0 9 G 5/00	5 3 0 Z	9471-5G		
H 0 4 N 1/409				
5/232	A			
			G 0 6 F 15/64	3 2 5 F
			15/66	3 3 0 A
				3 5 5 A
			15/68	3 1 0 J
			H 0 4 N 1/40	1 0 1 C
				1 0 1 D